

Implementasi Algoritma Kunang-Kunang Untuk Penjadwalan Mata Kuliah di Universitas Ma Chung

Hendry Setiawan¹, Lo Hanjaya Hanafi², Kestrilia Rega Prilianti³

Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Ma Chung

Jl. Villa Puncak Tidar N-01, Malang 65151, Jawa Timur

Email: ¹hendry.setiawan@machung.ac.id, ²lo_hanjaya@yahoo.com, ³kestrilia.rega@machung.ac.id

Masuk: 9 April 2015; Direvisi: 30 April 2015; Diterima: 4 Mei 2015

Abstract. *Course scheduling is considered as a complex matter because the generated schedule must guarantee that there are no clashes of classes, lecturers, and students' schedules. At Ma Chung University, course scheduling is still accomplished manually. Due to the limited number of rooms and lecturers r , resource sharing system is applied. This causes complication in manual scheduling. Firefly algorithm is implemented in this application to schedule the course automatically. A schedule solution is represented as a firefly. Firefly with lower light intensity will move toward firefly with higher light intensity, so that a better solution is found. Based on a scheduling test, the best light intensity value of firefly is reached when firefly algorithm's parameters, β_0 and γ , are given 1 and 10 with light intensity value of 0,0003831.*

Keywords: *course, firefly algorithm, scheduling*

Abstrak. *Penjadwalan mata kuliah merupakan hal yang kompleks karena jadwal yang dihasilkan tidak hanya menjamin jadwal pertemuan semua kelas dan dosen tidak bentrok, tetapi juga menjamin jadwal pertemuan semua mahasiswa tidak bentrok. Penjadwalan mata kuliah di Universitas Ma Chung masih dilakukan secara manual. Karena jumlah kelas dan dosen yang dimiliki terbatas, maka diterapkan sistem resource sharing. Sistem resource sharing ini membuat proses penjadwalan yang dilakukan secara manual menjadi lebih rumit. Algoritma yang digunakan untuk penjadwalan mata kuliah pada aplikasi ini adalah algoritma kunang-kunang. Sebuah solusi jadwal mata kuliah dalam algoritma kunang-kunang direpresentasikan sebagai seekor kunang-kunang. Kunang-kunang dengan intensitas cahaya yang lebih rendah akan bergerak menuju kunang-kunang yang lebih terang sehingga mampu didapatkan solusi jadwal mata kuliah yang lebih baik. Berdasarkan hasil uji coba, nilai intensitas cahaya terbaik didapatkan ketika parameter algoritma kunang-kunang, β_0 dimasukkan 1 dan γ dimasukkan 10 hingga didapatkan intensitas sebesar 0,0003831.*

Kata Kunci: *algoritma kunang-kunang, mata kuliah, penjadwalan*

1. Pendahuluan

Penjadwalan mata kuliah merupakan pekerjaan rutin dalam sistem akademik perguruan tinggi yang dilakukan setiap awal semester yang baru. Penjadwalan mata kuliah merupakan hal yang kompleks karena jadwal yang dihasilkan tidak hanya menjamin jadwal pertemuan semua kelas dan dosen tidak mengalami bentrok, tetapi juga menjamin jadwal pertemuan semua mahasiswa tidak mengalami bentrok.

Penjadwalan mata kuliah di Universitas Ma Chung masih dilakukan secara manual oleh sekretaris setiap fakultas. Sekretaris fakultas menjadwalkan mata kuliah dari semua program studi yang berada di bawah naungan fakultas. Jadwal perkuliahan dialokasikan pada senin sampai jumat dengan jam perkuliahan pukul 08.00-17.00, dengan waktu istirahat pukul 12.00-13.00. Penjadwalan yang dilakukan pada seluruh program studi di Universitas Ma Chung hanya akan menjadwalkan mata kuliah semester ganjil khusus untuk semester ganjil dan sebaliknya. Untuk mata kuliah pilihan memiliki keleluasaan dibuka pada semester genap ataupun semester ganjil. Karena jumlah ruangan dan dosen yang dimiliki setiap fakultas terbatas, maka diterapkan sistem *resource sharing*, di mana ruangan dan dosen yang dimiliki fakultas bisa digunakan oleh semua program studi yang berada di bawah naungan

fakultas tersebut. Sistem *resource sharing* ini membuat proses penjadwalan yang dilakukan secara manual oleh sekretaris fakultas menjadi lebih rumit, karena harus senantiasa melakukan pengecekan terhadap waktu yang dialokasikan dosen untuk mengajar maupun ketersediaan ruang kelas yang dimiliki. Penjadwalan terhadap mata kuliah yang memiliki bobot tiga maupun empat sks dapat dipisahkan menjadi beberapa sesi pertemuan. Untuk mata kuliah berbobot tiga sks, dosen pengampu dapat mengajukan pemotongan ke dalam dua sesi yaitu dua sks dan satu sks ataupun satu sks dengan tiga sks sekaligus.

Karena tingkat kompleksitas yang cukup tinggi, maka dibutuhkan sebuah aplikasi penjadwalan mata kuliah otomatis untuk membantu sekretaris fakultas melakukan penjadwalan. Algoritma optimasi yang telah digunakan untuk melakukan penjadwalan mata kuliah secara otomatis antara lain algoritma genetika (Puspaningrum, dkk., 2013), algoritma *Particle Swarm Optimization* atau PSO (Wati & Rochman, 2013), algoritma *Ant* (Saragih, dkk., 2012), algoritma evolusi (Syarif & Gunawan, 2013), dan algoritma pewarnaan *Graf Welch Powel* (Astuti, 2011).

Algoritma kunang-kunang sebagai salah satu jenis algoritma optimasi telah digunakan dalam memecahkan permasalahan antrian dan penjadwalan. Kwiclen & Filipowicz (2012) menggunakan algoritma kunang-kunang untuk mengoptimasi sistem antrian, Chalack, dkk. (2014) menggunakan algoritma kunang-kunang untuk memecahkan permasalahan *job scheduling*, dan Sayadi, dkk. (2010) menggunakan algoritma kunang-kunang untuk memecahkan permasalahan *flow shop scheduling*. Dari beberapa peneliti terdahulu telah menggunakan algoritma kunang-kunang untuk memecahkan berbagai permasalahan penjadwalan, maka pada pembuatan aplikasi penjadwalan mata kuliah ini algoritma kunang-kunang tersebut akan digunakan untuk menjadwalkan beberapa program studi yang berada di bawah Fakultas khususnya Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Ma Chung.

2. Tinjauan Pustaka

Algoritma kunang-kunang atau *firefly algorithm* dikembangkan pertama kali oleh Yang mulai akhir tahun 2007 hingga tahun 2008 di Universitas Cambridge. Menurut Yang (2014), algoritma kunang-kunang terinspirasi oleh perilaku dan pola berkedip kunang-kunang. Namun, beberapa karakteristik kedipan dari kunang-kunang telah diidealkan untuk menyusun algoritma kunang-kunang, yaitu: (1) Kunang-kunang dianggap *unisex*, sehingga seekor kunang-kunang akan tertarik pada kunang-kunang yang lain dengan tidak membedakan jenis kelaminnya. (2) Daya tarik sebanding dengan tingkat keterangan, dan sama-sama menurun ketika jarak semakin besar. Oleh karena itu, untuk sepasang kunang-kunang yang sedang berkedip, kunang-kunang yang lebih tidak terang akan bergerak menuju kunang-kunang yang lebih terang. Jika tidak ada yang lebih terang, kunang-kunang akan bergerak secara acak. (3) Tingkat keterangan kunang-kunang ditentukan oleh kondisi dari fungsi objektif.

Karena daya tarik kunang-kunang sebanding dengan intensitas cahaya yang dilihat oleh kunang-kunang di dekatnya, dapat dirumuskan daya tarik (*attractiveness*) β dengan jarak r menggunakan Persamaan 1. β_0 adalah daya tarik pada $r = 0$ (Yang, 2014) dan γ adalah koefisien penyerapan cahaya yang mengontrol penurunan intensitas cahaya (Kwicien & Filipowicz, 2012). Jarak antara dua kunang-kunang i dan j , diwakili oleh x_i dan x_j dirumuskan menggunakan Persamaan 2. $X_{i,k}$ merupakan komponen ke k dari koordinat spasial x_i dari kunang-kunang i dan d menyatakan jumlah dimensi (Kwicien & Filipowicz, 2012). Pergerakan kunang-kunang i yang tertarik kepada kunang-kunang j yang lebih terang dirumuskan menggunakan Persamaan 3.

$$\beta = \beta_0 e^{-\gamma r^2} \quad (1)$$

$$r_{ij} = \|x_i - x_j\| = \sqrt{\sum_{k=1}^d (x_{i,k} - x_{j,k})^2} \quad (2)$$

$$x_i^{t+1} = x_i^t + \beta_0 e^{-\gamma_{i,j}^2} (x_j^t - x_i^t) + \alpha_t \varepsilon^t \quad (3)$$

Penggalan rumus pertama (x_i^t) adalah posisi kunang-kunang i sebelum berpindah, penggalan rumus kedua [$\beta_0 e^{-\gamma_i} (x_j^t - x_i^t)$] menyatakan *attractiveness* dari kunang-kunang, dan penggalan rumus ketiga ($\alpha \epsilon_i^t$) adalah pergerakan acak kunang-kunang (Kwieceń & Filipowicz, 2012). α adalah bilangan *random* antara 0 sampai 1 (Kwieceń & Filipowicz, 2012), nilai β_0 bervariasi antara 0 sampai 1 (Farahani, dkk., 2011), dan γ bervariasi antara 0.1 sampai 10 (Kwieceń & Filipowicz, 2012). Parameter γ menggambarkan variasi daya tarik (*variation of attractiveness*) dan mempengaruhi kecepatan konvergensi algoritma kunang-kunang (Kwieceń & Filipowicz, 2012). Sedangkan, ϵ_i^t adalah vektor bilangan acak yang didapatkan dari distribusi *Gaussian* atau distribusi *Uniform* pada waktu t (Yang, 2014). Algoritma kunang-kunang memiliki bentuk *pseudo-code* seperti yang ditunjukkan pada Kode 1.

Kode 1. *Pseudo-code* algoritma kunang-kunang

```

Menginisialisasi parameter algoritma kunang-kunang, yaitu jumlah kunang-kunang (n),  $\beta_0$ ,  $\gamma$ ,  $\alpha$ , dan jumlah maksimum generasi (iterasi, MaxGen).
Menetapkan fungsi objektif  $f(x)$ ,  $x = (x_1, \dots, x_d)^T$ .
Membangkitkan populasi awal kunang-kunang  $x_i$  ( $i = 1, 2, \dots, n$ )

While k < MaxGen //(k = 1:MaxGen)
  For i = 1 : n //semua n kunang-kunang
    For j = 1 : n
      If ( $I_j > I_i$ )
        memindahkan kunang-kunang i menuju kunang-kunang j pada dimensi d menurut persamaan 3
      Else
        memindahkan kunang-kunang i secara acak
      End If
      Mendapatkan nilai attractiveness, yang bervariasi dengan jarak r menurut persamaan 1
      Temukan solusi baru dan perbarui nilai intensitas cahaya
    End for j
  End for i
  Me-ranking kunang-kunang dan menemukan current best.
End While
Menemukan kunang-kunang dengan intensitas cahaya tertinggi

```

3. Metodologi Penelitian

Tahapan penelitian ini adalah menganalisis kebutuhan, perancangan/pemodelan sistem penjadwalan dengan algoritma kunang-kunang, dilanjutkan dengan pemrograman, pengujian software dan pengujian. *Flowchart* alur penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Alur Penelitian

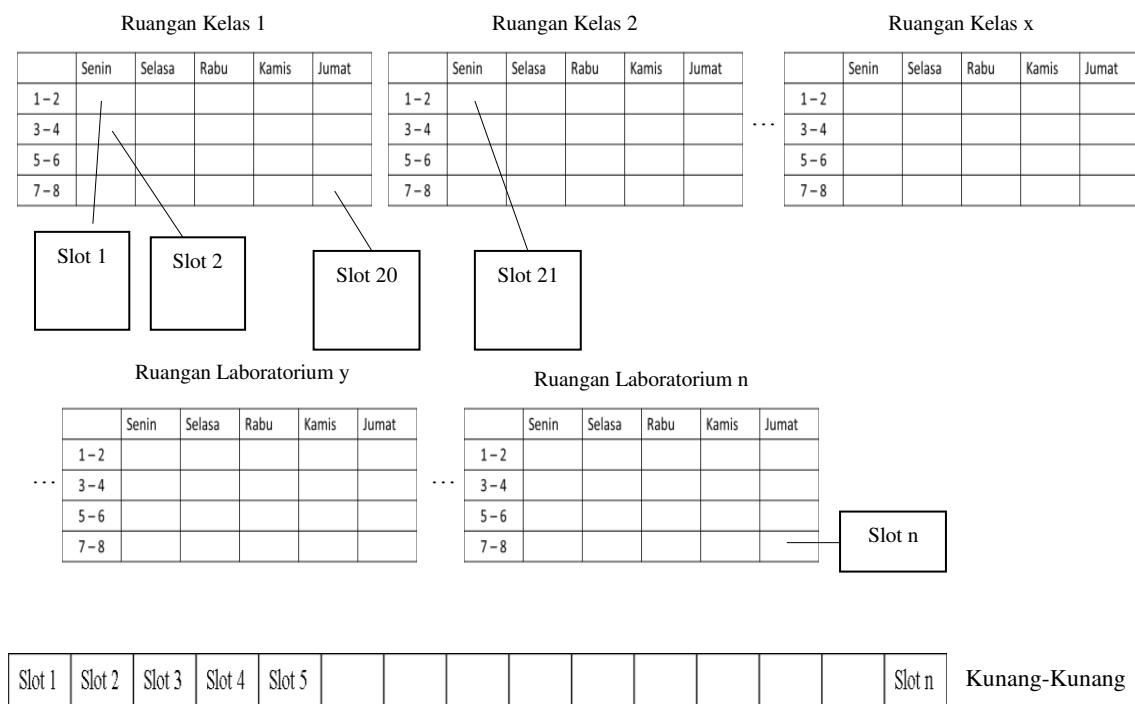
Analisis kebutuhan dilakukan dengan menggali informasi terkait dengan penjadwalan manual yang dilakukan oleh sekretaris FST, termasuk di dalamnya data program studi, data dosen, data mata kuliah, data ruangan. Perancangan desain penjadwalan disusun berdasarkan dari langkah-langkah sekretaris FST menyusun jadwal, dengan memperhatikan variabel yang paling berperan dalam penyusunan jadwal. Variabel tersebut kemudian direpresentasikan dalam evaluasi pada intensitas cahaya kunang-kunang. Pada pengembangan *software*, tabel-tabel dibentuk dan dilakukan pemrograman terhadap sistem penjadwalan yang telah dikerjakan sebelumnya. Hasil program dievaluasi untuk mengetahui kesesuaiannya dengan algoritma kunang-kunang dan melakukan beberapa uji terhadap beberapa parameter algoritma-kunang.

3.1. Perancangan Desain Penjadwalan dengan Algoritma Kunang-Kunang

Pada kasus penjadwalan mata kuliah dengan menggunakan algoritma kunang-kunang, terdapat sedikit modifikasi pada tahapan algoritma, yaitu kunang-kunang tidak akan bergerak secara acak ketika intensitas cahaya kunang-kunang pembandingnya sama atau tidak lebih dari dirinya sendiri. Pergerakan acak ini dihilangkan supaya kunang-kunang dengan intensitas cahaya atau nilai intensitas cahaya yang baik dapat dipertahankan.

3.1.1. Representasi Kunang-Kunang

Penjadwalan mata kuliah dengan algoritma kunang-kunang merepresentasikan sebuah solusi jadwal sebagai seekor kunang-kunang yang terdiri dari slot waktu sebanyak n buah, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2. Masing-masing slot waktu terbagi dalam *array* empat dimensi. Dimensi pertama berfungsi untuk menampung *id* sesi mata kuliah yang dijadwalkan, dimensi kedua berfungsi untuk menyimpan kode ruangan, dimensi ketiga berfungsi untuk menyimpan kapasitas ruangan, dan dimensi keempat berfungsi untuk menyimpan jenis ruangan (kelas atau laboratorium).



Gambar 2. Representasi Kunang-Kunang Dengan n Slot Waktu

Slot waktu digolongkan dengan urutan yang diawali jenis ruangan kelas dari kapasitas kecil hingga besar, kemudian diikuti jenis ruangan laboratorium dari kapasitas kecil hingga besar. Representasi *array* empat dimensi dalam slot waktu ditunjukkan pada Gambar 3.

Satu sesi mata kuliah merepresentasikan satu pertemuan dalam seminggu untuk satu mata kuliah. Jika dimensi pertama slot waktu tidak terisi *id* sesi mata kuliah, maka akan bernilai kosong atau *empty*. Jumlah dimensi posisi dari seekor kunang-kunang sama dengan jumlah *id* sesi mata kuliah yang akan dijadwalkan, seperti yang dinyatakan dengan simbol *d* pada Persamaan 2. Indeks sesi mata kuliah akan berpindah-pindah di dalam slot waktu yang tersedia hingga didapatkan sebuah jadwal yang optimal. Total jumlah slot waktu dari seekor kunang-kunang didapatkan dengan rumus jumlah ruangan yang didaftarkan dalam basis data dikalikan empat slot dalam sehari (satu slot waktu setara dengan bobot dua SKS) dikalikan lima hari aktif perkuliahan.

Slot 1	Slot 2	Slot 3					Slot n	
				-----				Dimensi 1
K009	K009	K009	K009	-----	L004	L004	L004	Dimensi 2
20	20	30	30	-----	40	40	50	Dimensi 3
Kelas	Kelas	Kelas	Kelas	-----	Lab	Lab	Lab	Dimensi 4

Gambar 3. Representasi Array 4 Dimensi dalam Slot Waktu

3.1.2. Inisialisasi Kunang-Kunang

Kunang-kunang tidak diinisialisasi secara acak, melainkan dengan diberikan arahan tertentu. Inisialisasi kunang-kunang dilakukan dengan mengarahkan penempatan sesi mata kuliah pada slot waktu yang memiliki jenis ruangan sesuai kebutuhan, dimana mata kuliah teori ditempatkan di ruangan kelas dan mata kuliah praktikum ditempatkan di ruangan laboratorium. Penempatan sesi mata kuliah juga diarahkan pada slot waktu yang memiliki kapasitas ruangan sesuai kebutuhan. Pengarahan dalam proses inisialisasi kunang-kunang bertujuan untuk memperkecil kemungkinan terjadinya pelanggaran terhadap *constraint* yang akan mempengaruhi nilai intensitas cahaya dari kunang-kunang.

3.1.3. Kualitas Kunang-Kunang

Kualitas kunang-kunang dilihat dari besar nilai intensitas cahayanya. Semakin besar nilai intensitas cahaya maka semakin baik kualitas dari seekor kunang-kunang. Nilai intensitas cahaya berasal dari nilai *objective function* atau fungsi *fitness*. Intensitas cahaya kunang-kunang dihitung menggunakan Persamaan 4. Total penalti adalah penjumlahan nilai semua jenis penalti. Ketika jadwal tidak melanggar *constraint* sama sekali, maka total penalti akan bernilai nol. Sedangkan, α adalah nilai yang sangat kecil, yang pada rancang bangun ini diberi nilai 0,001. α berfungsi untuk menghindari pembagian dengan nol.

$$I = \frac{1}{totalpenalti + \alpha} \quad (4)$$

Penalti diberikan apabila ada komponen jadwal yang melanggar *constraint*. Jika melanggar *hard constraint* maka penalti yang diberikan besar. Sedangkan, jika melanggar *soft constraint*, maka penalti yang diberikan kecil. *Hard constraint* yang digunakan dalam rancang bangun ini adalah: (1) Penalti alokasi dosen, diberikan jika jadwal mata kuliah tidak sesuai dengan alokasi waktu dosen pengampu. Penalti yang diberikan sebesar 100. (2) Penalti jadwal dosen, diberikan jika terdapat bentrok jadwal mengajar dosen. Penalti yang diberikan sebesar 100. (3) Penalti pemotongan sesi mata kuliah, diberikan jika terdapat sesi mata kuliah yang waktunya terpotong. Penalti yang diberikan sebesar 100. (4) Penalti semester, diberikan jika terdapat bentrok jadwal mata kuliah dengan semester dan program studi yang sama. Penalti yang diberikan sebesar 100. Sedangkan, *soft constraint* dalam rancang bangun ini adalah penalti sesi mata kuliah. Penalti ini diberikan jika sebuah kelas yang sama dengan mata kuliah yang

sama memiliki sesi lebih dari satu kali dalam hari yang sama maka penalti yang diberikan sebesar 10. Untuk penentuan semua *hard constraint* ditetapkan sebuah nilai penalti yang sama yaitu 100 karena keempat *constraint* memiliki tingkat kepentingan yang sama dan tidak boleh dilanggar. Untuk jadwal yang melanggar *soft constraint* diberikan penalti sebesar 10 karena masih dapat ditoleransi.

Total penalti didapatkan dengan mengalikan jumlah pelanggaran dengan bobot untuk masing-masing penalti dan kemudian seluruhnya dijumlahkan. Total penalti dihitung menggunakan Persamaan 5. $\sum a$ adalah jumlah pelanggaran terhadap *constraint* alokasi dosen, $\sum b$ adalah jumlah pelanggaran terhadap *constraint* jadwal dosen, $\sum c$ adalah jumlah pelanggaran terhadap *constraint* pemotongan sesi mata kuliah, $\sum d$ adalah jumlah pelanggaran terhadap *constraint* semester, dan $\sum e$ adalah jumlah pelanggaran terhadap *constraint* sesi mata kuliah.

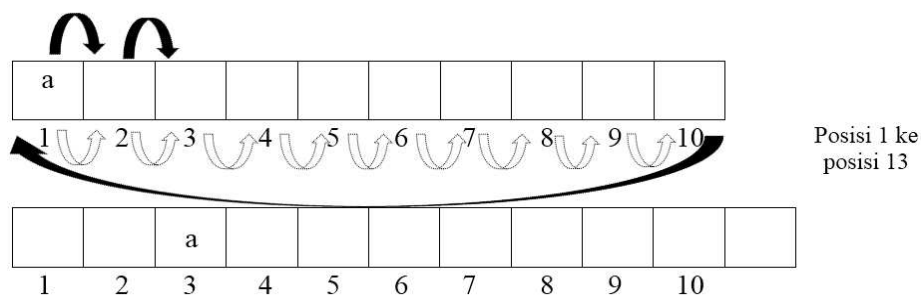
$$\text{totalpenalti} = \sum a \times 100 + \sum b \times 100 + \sum c \times 100 + \sum d \times 100 + \sum e \times 10 \quad (5)$$

3.1.4. Posisi Kunang-Kunang

Kunang-kunang yang memiliki nilai intensitas cahaya lebih rendah akan bergerak menuju kunang-kunang yang nilai intensitas cahayanya lebih tinggi. Pada kasus penjadwalan mata kuliah, posisi kunang-kunang diwakili oleh semua posisi *id* sesi mata kuliah yang ada pada slot-slot waktu. Langkah pertama untuk memindahkan posisi kunang-kunang adalah menghitung jarak antara dua kunang-kunang, misalkan kunang-kunang *i* dan *j* dengan menggunakan Persamaan 2. Langkah berikutnya adalah memindahkan semua indeks sesi mata kuliah atau dimensi posisi kunang-kunang dengan menggunakan Persamaan 3. Namun, karena setiap *id* sesi mata kuliah masing-masing memiliki nilai posisi (*x*) dan perpindahannya harus diskrit, maka rumus perpindahan pada Persamaan 2 dimodifikasi menjadi Persamaan 6.

$$x_{i,k}^{t+1} = x_{i,k}^t + \beta_0 e^{-r_{i,j}^2} (x_{j,k}^t - x_{i,k}^t) + \alpha_{t,k} \varepsilon_{i,k}^t \times 10 \quad (6)$$

Id sesi mata kuliah hanya berpindah dalam *region* slot waktu dengan jenis ruangan yang sesuai dan kapasitas ruangan yang cukup untuk sesi mata kuliah tersebut. Jika perpindahan *id* sesi mata kuliah telah melebihi batas atas *region* slot waktu, maka diterapkan sistem rotasi, di mana jika perpindahan *id* sesi mata kuliah telah melebihi batas atas *region* slot waktu, maka perpindahan berikutnya akan dimulai dari batas bawah *region* slot waktu. Ilustrasi sistem rotasi ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Ilustrasi Sistem Rotasi Posisi

3.1.5. Kondisi Terminasi

Proses iterasi algoritma kunang-kunang akan berhenti ketika total penalti bernilai nol atau jumlah iterasi mencapai nilai tertentu yang ditetapkan oleh *user*.

3.2. Output Aplikasi

Output dari aplikasi penjadwalan mata kuliah pada rancang bangun ini adalah *file* Microsoft Excel yang terdiri dari halaman atau *sheet* jadwal mata kuliah global tingkat

universitas, jadwal mata kuliah setiap program studi, jadwal setiap dosen, dan rincian semua mata kuliah yang terkena setiap jenis penalti.

4. Hasil dan Pembahasan

Uji coba dilakukan dengan mengubah nilai dari parameter algoritma kunang-kunang, yaitu β_0 dan γ . Hasil uji coba mengubah nilai β_0 ditunjukkan pada Tabel 1. Dari Tabel 1 nampak nilai intensitas terbaik 0,0003831 didapatkan pada saat penjadwalan terdapat tujuh jadwal yang tidak sesuai dengan keinginan waktu dosen mengajar, tiga jadwal bentrok, satu jadwal yang tiga sks terdiri dari satu sesi terpotong ke dalam hari yang berbeda meskipun memiliki slot yang berurutan, masih terjadi bentrok untuk 15 mata kuliah pada semester yang sama dan program studi yang sama, serta satu mata kuliah yang terpisah menjadi dua sesi yang terjadwalkan pada hari yang sama dan kelas yang sama.

Hasil uji coba dengan mengubah nilai β_0 menunjukkan bahwa dengan meningkatnya nilai β_0 , intensitas cahaya dari kunang-kunang cenderung semakin meningkat. Hal ini ditunjukkan oleh grafik perbandingan intensitas cahaya terhadap β_0 pada Gambar 5. Sedangkan, hasil uji coba mengubah nilai γ ditunjukkan pada Tabel 2. Hasil uji coba akurasi dengan mengubah parameter γ menunjukkan bahwa pengubahan nilai γ tidak memberikan pengaruh terhadap kenaikan atau penurunan nilai intensitas cahaya. Hal ini ditunjukkan oleh grafik perbandingan intensitas cahaya terhadap γ pada Gambar 6. Dari seluruh hasil uji coba, intensitas cahaya terbaik dari kunang-kunang didapatkan ketika dimasukkan nilai parameter β_0 bernilai satu dan parameter γ bernilai 10 dengan nilai intensitas cahaya 0.0003831.

Tabel 1. Uji Coba dengan Mengubah Nilai β_0

Jumlah <i>Firefly</i>	Jumlah Iterasi	β_0	γ	Total Jumlah Penalty					I
				a	b	c	d	e	
5	5	0.25	10	7	6	8	9	1	0,0003322
5	5	0.5	10	8	5	6	11	0	0,0003333
5	5	0.75	10	12	8	4	8	1	0,0003115
5	5	1	10	7	3	1	15	1	0,0003831

a = penalti alokasi dosen; b = penalti jadwal dosen;

c = penalti pemotongan sesi mata kuliah; d = penalti semester;

e = penalti sesi mata kuliah

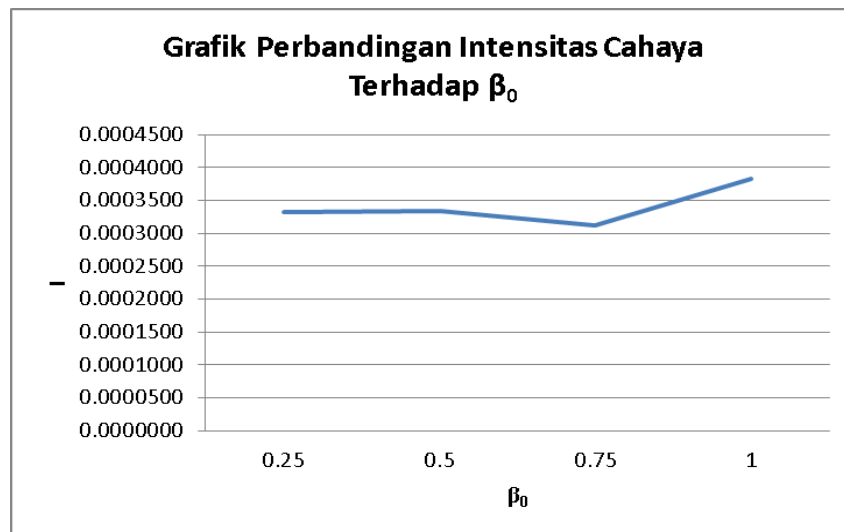
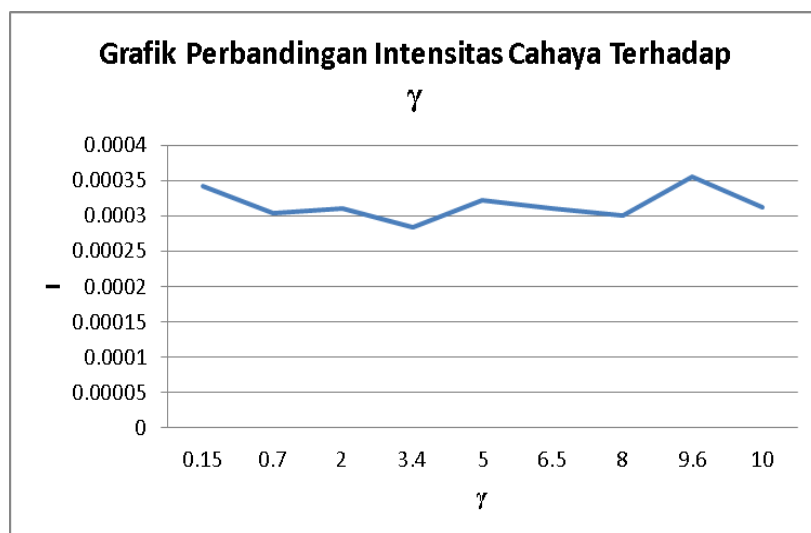
Tabel 2. Uji Coba dengan Mengubah Nilai γ

Jumlah <i>Firefly</i>	Jumlah Iterasi	β_0	γ	Total Jumlah Penalty					I
				a	b	c	d	e	
5	5	1	0.15	8	5	6	10	2	0,0003425
5	5	1	0.7	11	4	3	15	0	0,0003030
5	5	1	2	9	8	4	11	2	0,0003106
5	5	1	3.4	9	3	8	15	2	0,0002841
5	5	1	5	7	1	7	16	1	0,0003215
5	5	1	6.5	10	5	6	11	2	0,0003106
5	5	1	8	10	5	5	13	2	0,0003012
5	5	1	9.6	9	4	8	7	2	0,0003546
5	5	1	10	6	7	8	11	1	0,0003115

a = penalti alokasi dosen; b = penalti jadwal dosen;

c = penalti pemotongan sesi mata kuliah; d = penalti semester;

e = penalti sesi mata kuliah

Gambar 5. Grafik Perbandingan Nilai Intensitas Cahaya Terhadap β_0 Gambar 6. Grafik Perbandingan Nilai Intensitas Cahaya Terhadap γ

5. Hasil Jadwal

Mata kuliah yang dijadwalkan pada rancang bangun ini berasal dari empat program studi yang berada di bawah naungan Fakultas Sains dan Teknologi (FST) Universitas Ma Chung, yaitu Teknik Informatika, Sistem Informasi, Teknik Industri, dan Desain Komunikasi Visual. Semua mata kuliah ditempatkan pada 22 ruangan yang terdiri dari 14 ruang kelas dan delapan ruang laboratorium dari hari Senin sampai Jumat dengan jam perkuliahan dari jam 08.00 sampai 16.40 setiap hari. Hasil jadwal dari percobaan dengan intensitas cahaya terbaik ($I=0,0003831$) ditunjukkan pada cuplikan jadwal pada Tabel 3.

Tabel 3 menunjukkan cuplikan sebagian jadwal mata kuliah yang dibentuk dengan menggunakan algoritma kunang-kunang. Jadwal berisi pasangan mata kuliah dengan dosen pengajarnya. Perbedaan warna untuk setiap mata kuliah menunjukkan identitas program studi. Warna biru adalah teknik informatika, hijau adalah teknik industri, dan ungu adalah sistem informasi. Beberapa mata kuliah seperti logika digital dan pemrograman *mobile* yang terdapat pada teknik informatika masing-masing bernilai empat sks, sehingga pada penjadwalan ini mata kuliah yang bernilai empat sks dapat dipisahkan ke dalam dua sesi.

Tabel 3. Cuplikan Jadwal Mata Kuliah

Hari	Jam	Chlamydomonas	Phycocianin	.....	.....	.....	Lab. Krysten Nygard
Senin	08.00 – 09.40	.....	Pemrograman Mobile SUB	.....	.....	.....
	10.00 – 11.40	.....	Pemrograman Mobile SUB	.....	.....	.....
	13.00 – 14.40	.....	Statistik MEI	.....	.....	.....
	15.00 – 16.40	Ergonomi & Perancangan Kerja SUN	Statistik MEI	.....	.....	.....
.....
.....
.....
Jumat	08.00 – 09.40	.....	Sistem Operasi OES	.....	.....	.....
	10.00 – 11.40	Logika Digital HEN	Organisasi & Manajemen Perusahaan Industri PUR	.....	.....	.....
	13.00 – 14.40	Logika Digital HEN	Organisasi & Manajemen Perusahaan Industri PUR	.....	.....	.....
	15.00 – 16.40	.....	Sistem Operasi RUD	.....	.....	.....

6. Kesimpulan

Berdasarkan rancang bangun dan uji coba yang telah dilakukan, kesimpulan yang dapat diambil adalah: (1) Penjadwalan mata kuliah dengan menggunakan algoritma kunang-kunang telah berhasil dilakukan dengan ketentuan-ketentuan berikut. (a) Seekor kunang-kunang melambangkan sebuah solusi jadwal, di mana kunang-kunang direpresentasikan sebagai sebuah senarai (*array*) slot waktu dengan empat dimensi. Dimensi pertama slot berfungsi untuk menampung id sesi mata kuliah yang dijadwalkan, dimensi kedua slot berfungsi untuk menyimpan kode ruangan, dimensi ketiga slot berfungsi untuk menyimpan kapasitas ruangan, dan dimensi keempat slot berfungsi untuk menyimpan jenis ruangan (kelas atau laboratorium). (b) Pada waktu inisialisasi awal kunang-kunang dan pergerakan kunang-kunang, penempatan sesi mata kuliah diarahkan pada slot waktu yang memiliki jenis dan kapasitas ruangan yang sesuai dengan kebutuhan. (2) Intensitas cahaya terbaik kunang-kunang dicapai ketika parameter β_0 bernilai satu dan parameter γ bernilai 10.

Referensi

- Astuti, S. 2011. Penyusunan Jadwal Ujian Mata Kuliah Dengan Algoritma Pewarnaan Graf Welch Powell. *Jurnal Dian*, XI (1): 68-74.
- Chalack, S.A., Razavi, S.N. & Harounabadi, A. 2014. Job Scheduling on the Grid Environment Using Max-Min Firefly Algorithm. *International Journal of Computer Applications Technology and Research*, III (1): 63-67.
- Farahani, S. M., Abshouri, A.A. & Meybodi, M.R. 2011. A Gaussian Firefly Algorithm. *International Journal of Machine Learning and Computing*, I (5): 448-453.
- Kwicien, J. & Filipowicz, B. 2012. Firefly Algorithm in Optimization of Queueing Systems. *Bulletin of the Polish Academy of Sciences Technical Science*, VX (2): 363-368.
- Puspaningrum, W.A., Djunaidy, A. & Vinarti, R.A. 2013. Penjadwalan Mata Kuliah Menggunakan Algoritma Genetika di Jurusan Sistem Informasi ITS. *Jurnal Teknik Pomits*, II (1): 127-131.
- Saragih, H., Hoendarto, G., Reza, B. & Setiyadi, D. 2012. Aplikasi Sistem Perangkat Lunak Menggunakan Algoritma Ant untuk Mengatur Penjadwalan Kuliah. *Jurnal Teknik dan Ilmu Komputer* I (3): 241-256.
- Sayadi, M.K., Ramezani, R. & Nasab N.G. 2010. A Discrete Firefly Meta-Heuristic with

- Local Search for Makespan Minimization in Permutation Flow Shop Scheduling Problems. *International Journal of Industrial Engineering Computation*, I (1): 1-10.
- Syarif, A.C. & Gunawan, F.H. 2013. Penerapan Algoritma Evolusi dengan Metode Generation Replacement pada Aplikasi Penjadwalan Mata Kuliah. *Jurnal Tematika*, I (2): 10-23.
- Wati, D.A.R. & Rochman, Y.A. 2013. Model Penjadwalan Mata Kuliah Secara Otomatis Berbasis Algoritma Particle Swarm Optimization (PSO). *Jurnal Rekayasa Sistem Industri*, II (1): 22-31.
- Yang, X.S. 2014. *Cuckoo Search and Firefly Algorithm*. London: Springer.